

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**TESIS**

**NEMATODOS PARÁSITOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE  
BANANO (*Musa spp.*) EN EL DISTRITO DE BUENOS AIRES,  
VALLE DEL ALTO PIURA**

**PRESENTADA POR:**

**Br. EDINSON JUNIOR ZATÁN AQUINO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PIURA, PERÚ**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**TESIS**

**NEMATODOS PARÁSITOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE  
BANANO (*Musa* spp.) EN EL DISTRITO DE BUENOS AIRES,  
VALLE DEL ALTO PIURA**

---

**Br. EDINSON JUNIOR ZATÁN AQUINO**

**TESISTA**

---

**Dr. CÉSAR AUGUSTO MURGUÍA REYES**

**ASESOR**

**PIURA, PERÚ**

**2018**

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE LA TESIS**

**YO EDINSON JUNIOR ZATAN AQUINO** identificado con DNI 45560716, Bachiller de la Escuela Profesional de Agrónomos, Facultad de Agronomía y con domicilio legal en Calle Camilo Torres Mz. E - 11 Lote 8 A.A.H.H. San Martín, provincia Piura, Departamento Piura, con Email: junior\_220189@hotmail.com

**DECLARO BAJO JURAMENTO** que la tesis que presenta es auténtica e inédita, no es copia parcial y total de una tesis desarrollada, y / o realizada en el Perú o en el extranjero en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, yo sujeto a los alcances de lo establecido en el Arte. N 411, del código penal Concordante con el Art. 32 de la ley N ° 27444, y Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de la Propiedad de los Derechos de Autor

En fe de que firmo la presente.

Piura, 19 de junio del 2018

---

**Br. EDINSON JUNIOR ZATAN AQUINO**

**DNI. 45560716**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**TESIS**

**NEMATODOS PARÁSITOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE  
BANANO (*Musa spp.*) EN EL DISTRITO DE BUENOS AIRES,  
VALLE DEL ALTO PIURA**

**APROBADA POR:**

**Dr. EDGAR RODRÍGUEZ GÁLVEZ**  
**PRESIDENTE**

**Ing. CARLOS SAN MARTÍN ZAPATA**  
**VOCAL**

**Ing. EDGAR ABRAHAM MALDONADO DUQUE**  
**SECRETARIO**

**PIURA, PERÚ**

**2018**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
COMISION DE INVESTIGACION AGRICOLA



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS  
017-2018-CIAFA-UNP

Los miembros del jurado calificador que suscriben, congregados para estudiar el Trabajo de Tesis denominado "NEMATODOS PARÁSITOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE BANANO (*Mussa spp.*) EN EL DISTRITO DE BUENOS AIRES, VALLE DEL ALTO PIURA", conducido por el BR. EDINSON JUNIOR ZATAN AQUINO, asesorado por el Dr. Cesar A. Murguía Reyes.

Luego de oídas las observaciones y respuestas a las preguntas formuladas, la declaran Aprobado, en consecuencia queda en condiciones de ser calificado APTO para gestionar ante el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Piura, el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo de conformidad con lo estipulado en el artículo N° 171, inciso 2° del Estatuto General de la Universidad Nacional de Piura.

Piura, 16 de Abril del 2018.

Dr. Edgar Rodríguez Gálvez  
Presidente

Ing. Carlos E. San Martín Zapata  
Vocal

Ing. Abraham Maldonado Duque  
Secretario



## DEDICATORIA:

*Al Padre Redentor por iluminar y bendecir mi camino. Por regalarme sabiduría y haber permitido llegar donde estoy por brindarme salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

*A mi abuelita Olga Gutiérrez, porque sé que desde el cielo me acompaña y guía mi camino además que este logro no solo es mío sino también de ella.*

*A mis padres, Por ser pieza fundamental en este objetivo logrado ya que con sus consejos y apoyo constante ha logrado hacer de mí una persona de bien, pero más que nada, por su gran amor incondicional.*

*A mis hermanos porque a pesar de la distancia siempre confiaron en mis capacidades y virtudes además de siempre contar con ellos en los momentos difíciles.*

*A toda mi familia que forman parte de mi entorno les agradezco su consejo, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de este recorrido.*

**EDINSON JUNIOR**

## **AGRADECIMIENTO:**

Al Dr. César Augusto Murguía Reyes por haber sido más que un asesor, un gran amigo que con su paciencia y apoyo constante me permitió culminar este proyecto; así mismo por haber depositado su confianza en mí.

A la Dirección Regional De Agricultura, en especial al Proyecto De Inversión Pública (PIP BANANO ORGANICO) por el apoyo financiero y logístico para llevar a cabo esta investigación, por ofrecerme la oportunidad de adquirir experiencia, por la confianza y responsabilidades que actualmente me encomienda.

A los catedráticos en general de esta, mi casa de estudios, que forjaron en mi esas ganas de ser un profesional íntegro ética y moralmente.

A mi familia por el apoyo incondicional que me dieron día a día, durante todo el proceso de aprendizaje en mi carrera universitaria.

A Adriano por acompañarme en el desarrollo de la tesis, por ser un gran amigo y apoyo en este proyecto.

Muchas gracias...

## RESUMEN

Durante los meses de junio y diciembre de 2017 se realizó un diagnóstico preliminar de los nematodos parásitos asociados a las raíces del cultivo del banano orgánico en los principales sectores productores ubicados en el distrito de Buenos Aires, Valle del Alto Piura. Se cuantificaron los niveles poblacionales de los nematodos en suelo y raíces y la identificación de géneros de nematodos y sintomatología se realizó de forma descriptiva. Se realizaron muestreos aleatorios de poblaciones de nematodos en ocho sectores de producción de banano. Se determinó que la variedad William es la predominante, el riego es por gravedad, las unidades de producción presentan áreas que varían entre las 0.16 y 4.75 ha y con una edad de plantaciones entre 0.5 y 11 años. El gremio de los fitófagos, comparados con los otros gremios tróficos detectados, presentó la mayor población con un 60 % que correspondieron a 12,235 individuos. Se identificaron asociados a las raíces cinco géneros de fitófagos: *Meloidogyne* spp., *Radopholus* spp. *Pratylenchus* spp, *Helicotylenchus* spp., *Tylenchus* spp. y *Paratylenchus* spp. El mayor número de individuos se presentaron en los géneros *Meloidogyne* y *Paratylenchus* siendo los más diseminados. *Meloidogyne* spp. se detectó en 6 de los 8 sectores evaluados, con una frecuencia relativa del 70 %, se cuantificaron poblaciones que variaron entre 4 y 2760 nematodos/100 cm<sup>3</sup> de suelo. *Pratylenchus* spp. se observaron en 5 sectores y *Radopholus* spp. sólo en un sector de producción.

**Palabras claves:** Musa, banano orgánico, nematodos.



## ABSTRACT

During the months of June and December 2017, a preliminary diagnosis was made of the parasitic nematodes associated with the roots of organic banana crop in the main producing sectors located in the district of Buenos Aires, Alto Piura Valley. The population levels of the nematodes in soil and roots were quantified and the identification of genera of nematodes and symptomatology was carried out in a descriptive way. Random samples were taken from nematode populations in eight sectors of banana production. It was determined that the William variety is the predominant, the irrigation is by gravity, the production units have areas that vary between 0.16 and 4.75 ha and with an age of plantations between 0.5 and 11 years. The guild of the phytophages, compared with the other trophic guilds detected, had the largest population with 60% corresponding to 12,235 individuals. Five genera of phytophages were identified associated with the roots: *Meloidogyne* spp., *Radopholus* spp., *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Tylenchus* spp. and *Paratylenchus* spp. The largest number of individuals occurred in the genera *Meloidogyne* and *Paratylenchus* being the most disseminated. *Meloidogyne* spp. was detected in 6 of the 8 sectors evaluated, with a relative frequency of 70%, populations were quantified that varied between 4 and 2760 nematodes / 100 cm<sup>3</sup> of soil. *Pratylenchus* spp. they were observed in 5 sectors and *Radopholus* spp. only in a production sector.

**Key words:** Musa, organic banana, nematodes.

# ÍNDICE GENERAL

## CAPITULO 1

1. INTRODUCCIÓN -----	1
1.2. OBJETIVO GENERAL -----	2
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS -----	2
1.4. HIPÓTESIS GENERAL -----	2
1.5. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS -----	2

## CAPITULO 2

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA -----	3
2.1. Origen, importancia y características botánicas de <i>Musa</i> spp. -----	3
2.2. Nematodos parásitos asociados al banano -----	5
2.2.1. <i>Pratylenchus</i> spp. -----	5
2.2.1.1. Principales especies que afectan <i>Musa</i> spp. -----	5
2.2.1.2. Daños y síntomas -----	6
2.2.1.3. Biología y ciclo de vida -----	6
2.2.2. <i>Helicotylenchus</i> spp. -----	6
2.2.2.1. Daños y Síntomas -----	7
2.2.2.2. Biología y ciclo de vida -----	7
2.2.3. <i>Meloidogyne</i> spp. -----	8
2.2.3.1. Síntomas -----	8
2.2.3.2. Biología y ciclo de vida -----	8
2.2.4. <i>Radopholus similis</i> -----	9
2.2.4.1. Síntomas -----	9
2.2.4.2. Biología y ciclo de vida -----	9
2.2.5. Manejo de nematodos -----	10
2.2.5.1. Control Químico -----	10
2.2.5.2. Control cultural -----	10
2.2.5.3. Rotación de cultivos -----	11
2.2.5.4. Uso de plantas antagonistas -----	11
2.2.5.5. Enmiendas Orgánicas -----	12

### **CAPITULO 3**

<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS -----</b>	<b>13</b>
<b>3.1. Período de ejecución y ubicación geográfica de los campos de producción -----</b>	<b>13</b>
<b>3.2. Tipo de estudio -----</b>	<b>13</b>
<b>3.3. Observación y descripción de síntomas en follaje y raíces en cada sector en estudio -----</b>	<b>13</b>
<b>3.4. Muestreo, detección y niveles poblacionales de nematodos parásitos -----</b>	<b>13</b>
<b>3.4.1. Zonas de muestreo -----</b>	<b>13</b>
<b>3.4.2. Toma de muestras suelo y raíces -----</b>	<b>14</b>
<b>3.4.3. Procesamiento de muestras -----</b>	<b>14</b>
<b>3.4.4. Extracción y cuantificación de nematodos de raíces -----</b>	<b>14</b>
<b>3.4.5. Extracción y cuantificación de nematodos de suelo -----</b>	<b>15</b>
<b>3.4.6. Identificación de nematodos -----</b>	<b>15</b>
<b>3.5 Análisis de datos -----</b>	<b>16</b>

### **CAPITULO 4**

<b>4.1. Ubicación de los sectores bananeros y algunas características agronómicas -----</b>	<b>17</b>
<b>4.2. Identificación de la nematofauna asociada al banano -----</b>	<b>18</b>
<b>4.3. Diversidad alimentaria del gremio de los fitófagos e identificación -----</b>	<b>19</b>

### **CAPITULO 5**

<b>5.1 Conclusiones-----</b>	<b>34</b>
------------------------------	-----------

### **CAPITULO 6**

<b>6.1 Recomendaciones-----</b>	<b>35</b>
---------------------------------	-----------

### **CAPITULO 7**

<b>7. Referencias bibliográficas -----</b>	<b>36</b>
--	-----------

### **8. ANEXO**

<b>8. -----</b>	<b>42</b>
-----------------	-----------

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
<b>Cuadro 1.</b> Características agronómicas de los sectores productores de banano georreferenciados y muestreados ubicados en el distrito de Buenos Aires, valle del Alto Piura.	17
<b>Cuadro 2.</b> Nematofauna asociada al cultivo de banano en 8 sectores de producción ubicados en el distrito de Buenos Aires, Valle del Alto Piura.	27
<b>Cuadro 3.</b> Parámetros ecológicos de nematodos parásitos asociados al cultivo de banano en el distrito de Buenos Aires, Valle del Alto Piura.	27
<b>Cuadro 4.</b> Poblaciones en raíces de diferentes estados de los nematodos endoparásitos <i>Meloidogyne</i> spp. y <i>Radopholus</i> spp. en tres sectores de producción de banano en el distrito de Buenos Aires,	28

## ANEXO DE CUADROS

	Página
<b>Cuadro 5.</b> Medidas morfométricas (promedio +/- desviación estándar) de los diferentes géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de banano en el distrito de Buenos Aires, provincia de Morropón.	42
<b>Cuadro 6.</b> Datos agronómicos y del productor de los sectores muestreados.	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Clasificación de los nematodos según su morfología de estoma y esófago: (A) Bacterivoros, (B) Fungivoros, (C) Fitofagos (D) Predadores y (E) Omnivoros.	16
<b>Figura 2.</b> Ubicación geográfica de los 8 sectores muestreados en el distrito de Buenos Aires, provincia de Morropón.	18
<b>Figura 3.</b> Morfología del estoma y esófago de nematodos no parásitos de plantas. (A) Predador, (B) Fungivoro y (C) Bacterivoro.	19
<b>Figura 4.</b> Síntomas de agallamientos causados por <i>Meloidogyne</i> spp. sobre raíces secundarias y terciarias de banano colectadas en dos sectores productores del distrito de Buenos Aires, valle del Alto Piura.	21
<b>Figura 5.</b> Morfología de hembras y machos de <i>Meloidogyne</i> spp. (A) Hembra completa, (B) Región de la cabeza del macho y (C) Región de la cola del macho.	22
<b>Figura 6.</b> Morfología del segundo estado juvenil (J2) de <i>Meloidogyne</i> spp. (A) J2 completo, (B) Región anterior y (C) Región posterior.	22
<b>Figura 7.</b> Morfología del cuerpo completo de la hembra de <i>Paratylenchus</i> spp.	24
<b>Figura 8.</b> Morfología de la hembra (A), macho (B), región posterior (vulva y cola) de la hembra (C) y región posterior (cola) del macho (D) de <i>Pratylenchus</i> spp. asociado al cultivo de banano en el distrito de Buenos Aires, valle del Alto Piura.	26

<b>Figura 9.</b>	Morfología del cuerpo de <i>Tylenchus</i> spp. (A) Región anterior y (B) Región posterior	28
<b>Figura 10.</b>	Lesiones necróticas de color marrón rojizo a negro superficiales en la corteza e internas en la epidermis causadas por <i>Helicotylenchus</i> spp. en raíces primarias de banano colectadas en dos sectores productores del distrito de Buenos Aires, valle del Alto Piura.	29
<b>Figura 11.</b>	Morfología del macho (A) y de la hembra (B) de <i>Helicotylenchus</i> spp. Asociado al cultivo de banano en el distrito de Buenos Aires, valle del Alto Piura.	30
<b>Figura 12.</b>	Lesiones necróticas de color marrón rojizo a negro superficiales en la corteza e internas en el parénquima cortical causadas por <i>Radopholus similis</i> en raíces primarias de banano colectadas en el sector El Olguin del distrito de Buenos Aires, valle del Alto Piura.	31
<b>Figura 13.</b>	Región anterior (cabeza y esófago) de la hembra (A), posición de la vulva (B), región posterior (cola) de la hembra (C), región anterior (cabeza y esófago) del macho y región anterior (espícula y cola) del macho (D) de <i>Radopholus similis</i> asociado al cultivo de banano en el distrito de Buenos Aires, valle del Alto Piura.	33



# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

El banano y plátano representa el cuarto cultivo más importante del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz, se considera un producto básico de exportación y constituye una importante fuente de empleo e ingreso en más de 120 países en desarrollo (Rosales y Suárez, 1998). En América Latina y el Caribe la producción de Musáceas supera los 31 millones de toneladas de fruta anuales provenientes de 1,4 millones de hectáreas, lo que equivale al 36% de la producción mundial (FAO, 2004). En la región Piura, específicamente el valle del Chira, es la zona productora más importante de banano orgánico para la exportación, el 87% del volumen de exportaciones se producen en este valle, en un área de producción que supera las 4000 ha desarrolladas casi en su totalidad por pequeños productores.

Los nematodos parásitos de plantas causar serios daños a la producción de cultivos en el mundo (Koenning *et al.*, 1999). El nematodo barrenador, *Radopholus similis*, es el más dañino en los bananos, aunque otros nematodos que incluyen algunas especies de los géneros *Pratylenchus*, *Meloidogyne* y *Helicotylenchus* ocasionan significativas pérdidas a estos cultivos. El daño potencial de las especies de *Meloidogyne* sobre banano y plátano ha sido muy poco estudiado en comparación con *R. similis*, hay indicios de que este grupo de nematodos pueden ocasionar considerables perjuicios a los bananos y plátanos, especialmente cuando *R. similis* no está presente (De Waele y Davide, 1998).

Chau-Coloma (2008) demostró que *R. similis* y *Meloidogyne* spp. son los más importantes nematodos parásitos de banano presentes en el Valle del Chira, Piura, destacando *R. similis* por presentar una mayor frecuencia de aparición en las diferentes zonas productoras del Valle del Chira. En las zonas productoras de banano orgánico del Valle del Alto Piura no se han realizado estudios relacionados a la detección de nematodos parásitos asociados a este cultivo, en ese sentido, en la presente investigación se realizará una prospección nematológica en los principales sectores productivos de banano orgánico en el distrito de Buenos Aires para estimar los niveles poblacionales, síntomas y especies de nematodos que afectan a este cultivo.

### **1.1. Objetivo General**

a. Realizar un diagnóstico preliminar de los nematodos parásitos que afectan las raíces del cultivo del banano orgánico en los principales sectores productores ubicados en el distrito de Buenos Aires, Valle del Alto Piura.

### **1.2. Objetivos Específicos**

a. Identificación morfológica de los géneros de nematodos parásitos asociados al cultivo de banano en el distrito de Buenos Aires, Valle del Alto Piura.

b. Estimar los niveles de infestación en suelo y en raíces de los nematodos parásitos asociados al cultivo de banano en el distrito de Buenos Aires, Valle del Alto Piura.

c. Describir la sintomatología causada por nematodos parásitos asociados al cultivo de banano en el distrito de Buenos Aires, Valle del Alto Piura.

### **1.3. Hipótesis General**

a. El sistema radicular del cultivo de banano en los principales sectores productores ubicados en el distrito de Buenos Aires, Valle del Alto Piura es atacado por nematodos parásitos.

### **1.4 Hipótesis Específicas**

a. La diversidad biológica de nematodos parásitos de banano presentan diferentes características morfológicas.

b. Los nematodos parásitos del cultivo de banano en el distrito de Buenos Aires, presentan diferentes niveles de infestación en suelo y raíces.

c. Los nematodos parásitos del cultivo de banano en el distrito de Buenos Aires, Valle del Alto Piura causan distinta sintomatología en este cultivo.

## CAPÍTULO 2

### 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1. Origen, importancia y características botánicas de *Musa* spp.

Las bananas (*Musa* spp.) son originarias del sudeste del Asia y Pacífico occidental, desde ahí se dispersaron al África y Sudamérica, lo que ha dado lugar a una disminución de su diversidad genética desde su centro de origen. Debido a que no existe una distinción botánica consistente entre las bananas, éstas se han clasificado como banana para postre, cocina y cerveza (Gowen *et al.*, 2005). Los clones cultivados más comunes y usados para el comercio internacional son los Cavendish triploides AAA, el plátano que se consume cocido son Musa AAB y los clones de Musa AAA del altiplano del África Oriental que se destinan a la cocción o elaboración de cerveza. El 87 % de la producción de bananas se consumen localmente en los países productores, por lo que es un alimento básico de gran importancia en muchas regiones tropicales del mundo (Mc Intyre *et al.*, 2001). La mayor producción de bananas es obtenida en pequeños sistemas de cultivos mixtos y sólo el 13 % se producen en plantaciones de gran escala comercial (Mc Intyre *et al.*, 2001).

El banano es una planta herbácea monocotiledónea, clasificada dentro de la familia Musáceas como genero *Musa* y orden zingiberales. (Stover y Simonds, 1987). Las raíces del banano poseen forma de cordón y aparecen en grupos de 3 o 4. Posee raíces superficiales distribuidas en una capa de 30 a 40 cm, la mayor concentración de éstas se encuentran entre los primeros 15 a 20 cm de profundidad. Las raíces son de color blanco, cuando emergen, luego se vuelven amarillenta y duras, su diámetro oscila entre 5 y 10 mm; la longitud varia y puede llegar entre 5 y 10 m en crecimiento lateral, si no son obstaculizadas durante su crecimiento y hasta 1.5 metros de profundidad. El poder de penetración de las raíces del banano es débil y su distribución radical está relacionada con la textura y la estructura del suelo. Morfológicamente, el cormo se define como un tallo que desarrolla hojas en la parte superior y raíces adventicias en la parte inferior o rizomorfo: produce una yema vegetativa o retoño que sale de la planta madre y sufre un cambio anatómico y morfológico de los tejidos y crecen diametralmente formando el cormo. Los nudos están muy agrupados y en cada uno de ellos hay una hoja, la base foliar

se extiende lateralmente hasta circundarlo. Tanto las hojas bien desarrolladas como las escamas de lámina foliar reducida que las anteceden, subtienden a una sola yema lateral o futuro retoño (Champion, 1968). El cormo es un importante órgano de almacenamiento que ayuda a sustentar el crecimiento del racimo y el desarrollo de los hijos de la planta, antes de la floración el cormo contiene cerca del 35 % del total de la materia orgánica de la planta, el cual baja un 20 % al momento que alcanza la madurez del fruto, conforme las reservas se redistribuyen durante el crecimiento (Robinson, 1996).

Las hojas se originan en el punto central crecimiento o meristemo terminal parte superior del bulbo, luego se forma precozmente el peciolo situado en la nervadura central terminada en filamento, lo que posteriormente será la vaina. La lámina foliar es dorsiventral y glabra. Externamente, el limbo se observa como una lámina delgada, muy verde en su cara superior y más o menos glauca en el inferior, esta surcada por una nervadura estriada formada por las velas mayores que resaltan en la cara adaxial. La producción de las hojas cesa cuando emerge la inflorescencia. El pseudotallo ofrece a la planta apoyo, almacena las reservas amiláceas, permite alcanzar mayor altura y elevar el nivel de las láminas foliares que capturan la luz solar. Una planta adulta puede medir 5 m de altura y 40 cm de diámetro según el clon. Su estructura es resistente y puede soportar el peso de las láminas foliares y de su inflorescencia que hasta 75 kg (Simmonds, 1973). Cuando se producen cerca de 20 hojas, surge el tallo floral, que sigue la forma del eje de la inflorescencia, donde las hojas son reemplazadas por brácteas femeninas y masculinas dando origen a la bellota o chira, la inflorescencia está formada por glomérulos florales dispuestas en dos hileras e insertadas en el raquis, conocidos como coronas (manos). Las flores corresponden a tres clases: pistiladas, que forman las manos superiores; neutras, en la sección central y estaminadas, que se ubican en el punto terminal del racimo. El fruto se forma partiendo de los ovarios de las flores pistiladas que muestran un gran aumento en volumen la parte comestible es el resultado del engrosamiento de las paredes del ovario convertido en una masa parenquimatosa de azúcar y almidón (León, 1987).

Después de la floración, la inflorescencia en desarrollo se sostiene por un sistema de raíces en declive en el que la senescencia natural se apresura por la actividad de los patógenos de las raíces. El aumento del crecimiento radicular de la planta hija (sucesión) puede ser beneficioso durante esta fase crítica al proporcionar un anclaje adicional a la

planta madre y también como una fuente suplementaria de nutrientes para la fruta madura (Lavigne, 1987).

## **2.2. Nematodos parásitos asociados al banano**

Se reportan 146 especies distribuidas en 43 géneros de nematodos parásitos o asociados a las especies de *Musa*. Los nematodos más devastadores y ampliamente distribuidos son los endoparásitos migratorios *Radopholus similis* y *Pratylenchus coffeae*, el ecto-endoparasito *Helicotylenchus multicinctus* y el endoparásito sedentario *Meloidogyne incognita*. Estos nematodos se convirtieron en los principales patógenos del sistema radicular del banano como consecuencia del cambio en el período de 1950 a 1970 de la variedad Gros Michel susceptible a *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (causante del mal de Panamá) por cultivares Cavendish, resistentes a la enfermedad, pero susceptibles a dichos nematodos (Gowen, 1979; Gowen y Quénéhervé, 1990; McSorley, 1994; Gowen, 1994).

A pesar de la importancia de otras especies de fitonematodos en algunas zonas productoras, muchas investigaciones se han concentrado sobre *R. similis*. Pocos estudios se han realizado para conocer la interacción de los nematodos en las raíces de la banana, muy probablemente debido al predominio de *R. similis* sobre las otras especies (Gowen, 1979; Gowen y Quénéhervé, 1990).

### **2.2.1. *Pratylenchus* spp.**

#### **2.2.1.1. Principales especies que afectan *Musa* spp.**

*P. goodeyi* es el más distribuido e importante en las zonas altas del África y el nematodo más peligroso de bananas Cavendish en las Islas Canarias. Los bananos son el único hospedante conocido de *P. coffeae*, se encuentra distribuido en los trópicos y tiene muchos hospederos. En América del Sur y Central, al parecer está más asociado con plátano que con clones de Cavendish pero esto no indica que solo algunas plantas musáceas sean sus hospederos preferidos (Gowen, 1994).

### **2.2.1.2. Daños y síntomas**

Conocido como los "nematodos de la lesión" causan daños similares a los causados con *R. similis*, retraso del crecimiento de las plantas, prolongación del ciclo vegetativo, reducción del tamaño y número de hojas y del peso del racimo, reducción de la vida productiva y volcamiento de plantas. Las raíces fuertemente infestadas por *P. coffeae* presentan una necrosis negra o púrpura de tejido epidérmico y cortical, a menudo acompañada de podredumbre secundaria y ruptura de raíz. Necrosis similares pueden observarse en las partes externas del cormo (Bridge y Page, 1984). En las Islas Canarias, De Guiran y Vilardebo (1962) observaron que *P. goodeyi* penetra en el parénquima cortical de las raíces del banano formando pequeñas manchas alargadas de color rojo parduzco. Estas áreas de alimentación se agrandan y finalmente se aglutinan, por lo que la mayor parte del parénquima cortical se destruye, afectando la función de las raíces.

### **2.2.1.3. Biología y ciclo de vida**

*P. coffeae* y *P. goodeyi* son endoparásitos migratorios de la corteza radicular y del cormo del banano. Ambos sexos del nematodo y todos los estadios juveniles son infectivos. El ciclo de vida se completa dentro de la raíz. Pinochet (1977) describió los cambios histológicos después de la inoculación de *P. coffeae* en las raíces de los clones AAB. Después de entrar en las raíces, los nematodos migran entre y dentro de las células, ocupando una posición paralela a la estela. Se alimentan del citoplasma de las células vecinas, causando eventualmente cavidades que se unen. La destrucción del parénquima cortical de las raíces de plátano por *P. coffeae* es muy similar a los efectos descritos por Blake (1961, 1966) para *R. similis* en los plátanos de postre, a excepción de que no observó agrandamiento celular ni aumento del tamaño del núcleo celular o nucléolo. El ciclo de vida se ha discutido en detalle en otras plantas hospederas (Gotoh, 1964), en promedio el ciclo de huevo a huevo es de aproximadamente 27 días en un rango de temperatura de 25-30 °C.

### **2.2.2. *Helicotylenchus* spp.**

*H. multicinctus* conocido el "nematodo espiral" se encuentra en muchas regiones donde se siembran bananos (Gowen, 1979; McSorley, 1994). En áreas tropicales donde *R. similis* está presente, el "nematodo espiral" es de importancia secundaria (McSorley, 1994). Sin embargo, *H. multicinctus* podría superar numéricamente a *R. similis* en localidades donde las especies coexisten. En áreas subtropicales donde el "nemátodo

barrenador” es raro o no se presenta, *H. multincinctus* puede ser el más importante problema del cultivo (McSorley, 1994).

#### **2.2.2.1. Daños y Síntomas**

Los “nematodos espiral” atacan y se alimentan de las células externas de la corteza de la raíz y producen pequeñas y características lesiones necróticas (Luc y Vilardebo, 1961). El desarrollo de las lesiones radiculares causadas por *H. multincinctus* es lento en relación con las producidas por *R. similis*. Las lesiones en las raíces primarias son superficiales, pequeñas y numerosas líneas de color rojizo a negro. Sin embargo, en las infestaciones intensas, estas lesiones pueden coalescer, causando una necrosis extensa de la raíz en la corteza externa, las lesiones también pueden encontrarse en el corno (Quénéhervé y Cadet, 1985) Los efectos de *H. multincinctus* tanto en el banano como en el plátano pueden conducir al retraso del crecimiento de las plantas, al alargamiento del ciclo vegetativo, la reducción del tamaño de la planta y al peso del racimo y la reducción de la vida productiva de la plantación. El volcamiento también puede ocurrir en situaciones donde hay infestaciones fuertes.

#### **2.2.2.2. Biología y ciclo de vida**

*H. multincinctus* a diferencia de la mayoría de las otras especies de *Helicotylenchus*, se considera una especie endoparásita que también puede completar su ciclo de vida dentro de la parte cortical de la raíz donde pueden encontrarse ambos sexos y todos los estadios juveniles, incluyendo los huevos (Zuckerman y Strich - Harari, 1963). Las relaciones hospedante-parásito de *H. multincinctus* fueron estudiadas por Blake (1966) quien observó que 4 días después de la inoculación de las raíces del banano, los nematodos estaban totalmente incrustados dentro de la corteza, a veces hasta una profundidad de 4-6 células.

Los nematodos se alimentan en el citoplasma de las células circundantes en la corteza de la raíz. Los tejidos infectados muestran diversos tipos de daño celular como el citoplasma contraído, las paredes distorsionadas o rotas y el núcleo ampliado, pero, en contraste con los observados con *R. similis*, los cambios histológicos se limitan a las células del parénquima cerca de la epidermis. Las células dañadas a menudo se decolorean y necrosan (Orion *et al.*, 1999).



### **2.2.3. *Meloidogyne* spp.**

Los “nematodos formadores de agallas radiculares” son de amplia distribución mundial, atacan a muchos cultivos de interés económico. En el banano, su importancia puede haber sido subestimada debido a el énfasis en los daños causados por *Pratylenchus* spp. y *Radoholus similis*. Las especies comúnmente asociadas con plátanos y bananos son *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica* y *M. hapla*. Diferentes especies pueden ser observadas en la misma agalla (Pinochet, 1977).

Todos los cultivares de banana son hospederos del “nemátodo del nudo de la raíz”, *Meloidogyne* spp., estos nematodos pueden causar considerable deformación y atrofia de las raíces, sin ocasionar la caída de plantas, al parecer no se consideran como especies destructivas e importantes formadoras de lesiones. Las poblaciones de *Meloidogyne* spp. son probablemente inhibidas por altas poblaciones de *R. similis* y *H. multicinctus*, los cuales causan una severa destrucción de raíces (Gowen, 1979).

#### **2.2.3.1. Síntomas**

Los síntomas más evidentes son las agallas en las raíces primarias y secundarias, causando a veces que se bifurquen y distorsionen.

#### **2.2.3.2. Biología y ciclo de vida**

El ciclo de vida, la histopatología y la etiología de la enfermedad no difieren significativamente en los plátanos de los reportados en otros hospedantes. En las raíces primarias y secundarias, las masas de huevo pueden no sobresalir fuera de la superficie de la raíz, y varios ciclos pueden completarse dentro de la misma raíz, dependiendo de la longevidad de la raíz y la severidad de la necrosis. En infestaciones mixtas, el área de influencia de este nematodo comenzaría entre 60 y 90 cm del rizoma debido a la competencia con *R. similis* en suprimir o reemplazar la población de *Meloidogyne* (Quénéhervé, 1990).

#### **2.2.4. *Radopholus similis***

*R. similis* conocido como el “nematodo barrenador del banano” causa el volcamiento de plantas y afecta plantas pertenecientes al género *Musa* spp., aunque también se ha encontrado asociado con albahaca y a otros cultivos como maíz, sorgo, habichuela, caña de azúcar, arroz, *Piper nigrum*, cítricos, algunas ornamentales y varias malas hierbas (O'Bannon, 1977).

##### **2.2.4.1. Síntomas**

*R. similis* invade, se alimenta y reproduce en las células de la corteza de las raíces y del cormo. El "nematodo barrenador" perfora con su estilete las paredes de las células corticales y se alimenta sobre el citoplasma, formando cavidades dentro de las raíces. Cuando las células son destruidas, el nematodo migra y las cavidades se unen formando lesiones de color mamón-rojizo sobre las raíces. Las plantas afectadas por *R. similis*, presentan una reducción sustancial de su sistema radicular que impide el transporte vascular de agua y nutrimentos. En consecuencia, se observa pobre crecimiento, reducción en el tamaño y número de hojas, defoliación prematura y frutos de menor tamaño. También se puede observar el volcamiento de plantas especialmente con racimos, debido al pobre anclaje que ofrecen las raíces severamente infestadas con el nematodo (Gowen y Quénéhervé, 1990; Sarah *et al.*, 1996).

El volcamiento de las plantas es el factor principal de pérdida monetaria, que no solo disminuye considerablemente la producción, sino que también afecta la habilidad de la planta para producir hijuelos y ejerce un efecto directo y marcado sobre los hijuelos. Puede necrosar un 85 % del sistema radicular de hijuelos provenientes de plantas afectadas y por consiguiente contribuye al decaimiento de la producción, aunque los rendimientos de la primera cosecha pueden ser relativamente altos (Gowen y Quénéhervé, 1990).

##### **2.2.4.2. Biología y ciclo de vida**

*R. similis* es un endoparásito migratorio que completa su ciclo de vida dentro de la raíz. Las hembras juveniles y adultas tienen formas móviles que pueden dejar la raíz cuando se encuentran ante condiciones adversas. Los estadios migratorios en el suelo pueden fácilmente invadir raíces sanas. Esta especie tiene un dimorfismo sexual pronunciado, los machos tienen un estilete atrofiado y se consideran no parasíticos. La penetración ocurre principalmente cerca al ápice de la raíz, pero puede migrar por toda la

longitud de ésta. Las hembras y todos los estados juveniles son infectivos (Gowen y Quénéhervé, 1990, Sarah et al, 1996). Dentro del tejido infectado, las hembras ponen cuatro a cinco huevos por día durante dos semanas. Los huevos eclosionan después de 8 a 10 días y los estados juveniles J2, J3, J4 se producen entre 10 a 13 días. El ciclo de vida total del nematodo dura 20 a 25 días a un rango de temperatura de 24 a 32 °C (Sikora y Schlossen, 1973; Gowen y Quénéhervé, 1990; Marín *et al.*, 1998).

#### **2.2.5. Manejo de nematodos**

El control de nematodos parásitos que afectan al plátano y banano incluyen la utilización de compuestos químicos sintéticos y de prácticas culturales y agronómicas dirigidas a reducir el volcamiento de las plantas.

##### **2.2.5.1. Control Químico**

Las prácticas utilizadas para la aplicación de nematicidas sintéticos se efectúan en tratamientos dirigidos a periodos pre-siembra y/o post siembra del cultivo. En el tratamiento pre-siembra se ha evaluado la germinación y el control de nematodos en cormos tratados con soluciones de los nematicidas carbofuran, fensulfotion, ethoprop y phenamiphos; obteniéndose una reducción de 95 % en las poblaciones iniciales de fitonematodos. Dentro de los tratamientos post-siembra, en la actualidad, los nematicidas de mayor uso son formulaciones granulares y/o concentrados emulsificables de compuestos organofosforados y/o carbamatos y avermectinas (Gowen y Quénéhervé, 1990; Fogain y Gowen, 1997; Jansson y Rabatin, 1998).

##### **2.2.5.2. Control cultural**

Las prácticas culturales más comunes para el control de nematodos parásitos se encuentran la rotación de cultivos, el uso de plantas antagónicas, la aplicación de enmiendas orgánicas y otras. En los cultivos de plátano y banano se realizan otras prácticas de control cultural, dirigidas a eliminar parte de la infección provocada por nematodos en el material de siembra. Una de éstos es el pelado de cormos que consiste de la remoción de todo el tejido lesionado que presente este material. Primero se descartan las bases de las hojas y luego todo el tejido que presente lesiones color violáceas, rojizas o necróticas; hasta exponer en la base solo el tejido blanco. Esta práctica se realiza con cuchillos o machetes afilados fuera de los predios donde se obtuvo el material, para evitar la reinfección. Los cormos deben tener un tamaño aproximado de 15 cm., ya que pueden

pelarse más profundo sin que se afecte su germinación. El pelado de los cormos no remueve en su totalidad la infección de nematodos en los tejidos y generalmente se complementa con tratamientos a base de nematicidas (Gowen y Quénéhervé, 1990).

Otro método de control de nematodos dirigido al material de siembra, es el tratamiento con agua caliente. Esto se realiza sumergiendo los cormos en tanques con agua a una temperatura de 55 °C, por periodos que varían entre 15 y 25 minutos. Aunque esta técnica resulta más efectiva que los tratamientos químicos, el manejo en la práctica resulta complicado, debido al balance crítico que necesita mantenerse entre la temperatura letal a nematodos y una temperatura que no provoque daños al material de siembra. Cuando la germinación de los cormos se ve afectada, el manejo de la temperatura no fue el adecuado (Gowen y Quénéhervé, 1990).

#### **2.2.5.3. Rotación de cultivos**

La rotación de cultivos es la práctica cultural que mejores resultados ha mostrado para el control de nematodos parásitos en muchos cultivos (Rodríguez-Kabana *et al.* 1992). Este método consiste de la siembra de plantas que no sean hospederas de los patógenos que atacan al cultivo de interés por un periodo determinado. Román *et al.* (1974) demostraron la eficacia de la rotación de gramínea *Digitaria decumbens* con plátano, reduciéndose las poblaciones de *R. similis*, *M. incognita* y *Rotylenchulus reniformis*, no así de *P. coffeae*.

#### **2.2.5.4. Uso de plantas antagonistas**

Existen plantas en la naturaleza que pueden combatir los nematodos parásitos, no solo porque son pobres hospederas de ciertas especies, sino que además producen exudados radicales que son tóxicos a estos organismos. A este tipo de plantas se les conoce como plantas antagonistas. Una planta caracterizada con estas propiedades es el "haba de terciopelo", *Mucuna deeringiana* (Bort) Merr. (Vicente y Acosta, 1987). Se ha demostrado reducciones en la densidad poblacional de nematodos asociados al plátano mediante el uso de la *Mucuna* intercalada con plátano (Saavedra y Vargas-Ayala, 1999; Rubiano-Rodríguez y Vargas-Ayala, 1999). Sin embargo, no se encuentra documentado de forma clara en la literatura su uso como cultivo de rotación con el plátano.

#### **2.2.5.5. Enmiendas Orgánicas**

Una enmienda o es cualquier material de origen orgánico que se añade al suelo. Entre estos materiales se pueden incluir los compost, los residuos de cosechas anteriores, estiércol animal, desperdicios agroindustriales y municipales, entre otros. La aplicación de material orgánico como enmienda, afecta directa o indirectamente las poblaciones y la diversidad de nematodos en el suelo. De forma directa, este material, libera compuestos nematicidas en su descomposición o que son sintetizados por microorganismos envueltos en su descomposición, y proveen un ambiente favorable para el crecimiento de microorganismos antagónicos o parasíticos a los nematodos. De manera indirecta, pueden incrementar el desarrollo y rendimiento de una planta infestada con nematodos, mejora la estructura del suelo, que a su vez aumenta su potencial de retención de agua y suple nutrientes en los suelos deficientes (Chavarría-Carvajal y Rodríguez-Kábana, 1998, Widmer *et al*, 2002).

## **CAPÍTULO 3**

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Período de ejecución y ubicación geográfica de los campos de producción**

El trabajo de investigación se realizó entre los meses de junio y diciembre de 2017. Para la prospección nematológica se seleccionó campos de producción de banano ubicados en los principales sectores de producción del distrito de Buenos Aires, perteneciente a la provincia de Morropón ubicada en el valle del Alto Piura. Geográficamente se encuentra entre los paralelos 5° 10' 33" y 5° 22' 53" de latitud Sur y los meridianos 79° 59' 16" y 79° 48' 29" de longitud Oeste.

#### **3.2. Tipo de estudio**

Es un tipo de estudio descriptivo mediante técnicas de muestreo que detectó y cuantificó la presencia de nematodos parásitos asociados al sistema radicular del cultivo de banano. Se identificó los principales géneros de nematodos y se describió la sintomatología causada a nivel radicular.

#### **3.3. Observación y descripción de síntomas**

Se realizó una descripción sintomatológica en raíces de los probables daños directos ocasionados por los nematodos asociados al cultivo de banano.

#### **3.4. Muestreo, detección y niveles poblacionales de nematodos parásitos**

##### **3.4.1. Zonas de muestreo**

Se realizaron muestreos aleatorios de poblaciones de nematodos en los principales sectores productores de banano durante 5 meses consecutivos. Se registró el nombre del sector, nombre del productor, el área total de cada campo, edad de la plantación, tipos de riego y variedad.

### **3.4.2. Toma de muestras suelo y raíces**

Las poblaciones del nematodo se cuantificaron en muestras de suelo y raíces. Los muestreos se realizaron a 25 cm de distancia del pseudotallo y de la parte frontal del hijuelo seleccionado. Las muestras de suelo y raíces se tomaron después del riego, excavándose con una palana en la base de la planta un hoyo de 20 cm de ancho x 20 cm de largo y 30 cm de profundidad. El suelo y las raíces de cada hoyo se colectaron y colocaron en una bolsa plástica debidamente identificadas para ser llevadas al laboratorio para su posterior análisis.

### **3.4.3. Procesamiento de muestras**

Las muestras de suelo y raíces se conservaron en una refrigeradora entre 6 – 8 °C para su posterior procesamiento. Las raíces se lavaron y secaron durante dos horas.

### **3.4.4. Extracción y cuantificación de nematodos de raíces**

Los nematodos se extrajeron de 1 g de raíces pesadas en una balanza analítica, y seccionadas transversalmente en trozos de 1 cm, para su homogenización antes de licuarlos se llevaron a un vaso con 100 ml de lejía al 0.1 % y luego licuadas por tres veces a la revolución más baja durante 10 s, con intervalos iguales de 10 s. La mezcla resultante se pasó en secuencia a través de una columna de tamices con mallas 120 y 500 Mesh. Esta a su vez se lavó con agua a presión para facilitar el desprendimiento de los nematodos, con excepción del tamiz de 500 Mesh debido a que el material final en éste se recolectó, se le agregó una cucharadita de caolín, se agitó y se vertió en tubos de centrifugación con capacidad para 50 ml. Posteriormente, se centrifugaron a 1800 rpm durante 4 min. Como resultado de la centrifugación se produjo una sedimentación de partículas pesadas en el fondo del tubo y un sobrenadante en la parte superior, que se eliminó. Luego, los tubos se llenaron con una solución de sacarosa al 0.5% (500 g de azúcar disuelta en 1 l de agua) y nuevamente centrifugados a 1800 rpm durante 2 min para favorecer la flotación de los nematodos en la solución de sacarosa y separarlos de las partículas más densas. El sobrenadante se colocó en el tamiz de 500 mesh y lavado con agua corriente a baja presión para eliminar la sacarosa y evitar el deterioro físico de los nematodos. Finalmente se recogieron 15 ml de agua con nematodos y se colocaron en una placa Petri para la cuantificación y selección de especímenes para la identificación en un microscopio. (Coolen, 1979)



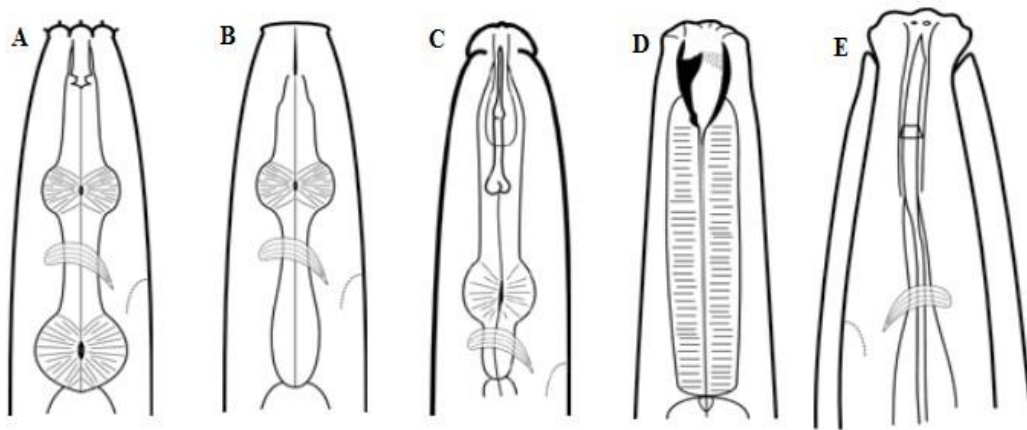
### **3.4.5. Extracción y cuantificación de nematodos de suelo**

La extracción y cuantificación de nematodos del suelo se realizó de una muestra de 100 cm<sup>3</sup>, se vertió en un balde vacío, cubriendo con agua, aproximadamente 1 litro, en donde se mezclará bien el suelo con el agua, con la finalidad de desagregar los terrones, para la liberación de los nematodos en la suspensión. Posteriormente se aplicó el protocolo descrito para raíces, con omisión del procedimiento del licuado (Jenkins, 1964).

### **3.4.6. Identificación de nematodos**

Basados en la morfología del estoma y esófago (Fig. 1), los nematodos se clasificaron de acuerdo a su hábito alimentario en cinco grupos tróficos (fitonematodos, bacteriófagos, micófagos, predadores, y omnívoros) (Yeates *et al.*, 1993).

Los fitonematodos se identificaron hasta nivel de género de acuerdo con las claves de Luc *et al.* (1990) y Mai *et al.* (1996). Para la identificación de los nematodos se prepararon montajes temporales en fresco con agua sobre láminas portaobjetos de vidrio, la cuantificación e identificación se realizó bajo un microscopio de luz. Diez individuos (juveniles y adultos) de diferentes géneros de nematodos fueron analizados, realizando la identificación a través de sus características morfológicas y morfométricas: forma del cuerpo de los individuos, forma de la cabeza, presencia o ausencia de anillos en la cutícula, tipo de estilete, forma de la terminación de la cola (Hunt y Handoo, 2009); también se realizó las mediciones de longitudes del cuerpo y estilete en individuos de diferentes géneros.



**Figura 1.** Clasificación de los nematodos según su morfología de estoma y esófago: (A) Bacterivoros, (B) Fungivoros, (C) Fitofagos (D) Predadores y (E) Omnivoros (Tomado de Sasser, 1989)..

### 3.5. Análisis de datos

La identificación de especies de nematodos y sintomatología fueron de forma descriptiva. Se cuantificaron los niveles promedios poblacionales de los nematodos.

## CAPÍTULO 4

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Ubicación de los sectores bananeros y algunas características agronómicas

Se muestrearon 8 sectores productores de banano pertenecientes al distrito de Buenos Aires, la ubicación geográfica de cada sector se observa en el Cuadro 1, Figura 2. La variedad William fue la predominante, el riego es por gravedad, las unidades de producción presentan áreas que varían entre las 0.5 y 4.75 ha y con una edad de plantaciones entre 6 meses a 15 años.

**Cuadro 1.** Características agronómicas de los sectores productores de banano georreferenciados y muestreados ubicados en el distrito de Buenos Aires, valle del Alto Piura.

Sector	N° de muestras	Latitud	Longitud	Variedad	Riego	Área (ha)	Edad (años)
San Luis	1	-5.247472	-79.974000	William	Gravedad	4.75	3
La Pampa	3	-5.273636	-79.949503	William	Gravedad	1-5	3-10
San Rafael I	2	-5.237764	-79.988110	William	Gravedad	0.5 – 1	3-8
Santo Tome	1	-5.211865	-80.031152	William	Gravedad	2	0.5
El Olguín	9	-5.275044	-79.938517	William	Gravedad	0.5-4	1-15
Carrasquillo	1	-5.212361	-80.040694	William	Gravedad	3	2
Piedra Herrada	2	-5.241512	-79.939876	William	Gravedad	1-3	3
Tamarindo	1	-5.242760	-79.963480	William	Gravedad	0.16	6



**Figura 2.** Ubicación geográfica de los 8 sectores muestreados en el distrito de Buenos Aires, provincia de Morropón.

#### 4.2. Identificación de la nematofauna asociada al banano

Se colectaron 20 muestras de raíces y suelo de plantas de banano (Cuadro 2), cada una se procesó para identificar y cuantificar las poblaciones de nematodos parásitos y no parásitos de plantas. Se identificaron cinco grupos tróficos (Cuadro 2) que incluye a los gremios: bacterívoros, micófagos, fitófagos, predadores y omnívoros (Fig. 3). En el Cuadro 2, se observa que el número total de individuos (7940) de los otros grupos tróficos superan a los fitoparásitos, siendo los más abundantes. La cuantificación de nematodos no parásitos de plantas en un suelo es de mucha importancia debido a la contribución e influencia de

éstos en distintos procesos del ecosistema (roles como en el reciclado de nutrientes y el control biológico) (Yeates *et al.*, 1993). Asimismo, los análisis nematológicos de laboratorio pueden proveer información de los niveles poblacionales de otros grupos tróficos que ayudan a inferir las condiciones ecológicas de un patosistema, debido a que la variación en los tipos de alimentos la nematofauna del suelo interactúa con otros organismos del suelo. De esta manera ocupan diversas posiciones en cadenas tróficas e intervienen en la estructura y organización funcional edáfica. Además, los nematodos ocupan posiciones en la red trófica del suelo como consumidores primarios, secundarios y terciarios (Neher, 2001).



**Figura 3.** Morfología del estoma y esófago de nematodos no parásitos de plantas. (A) Predador, (B) Fungivoro y (C) Bacterivoro.

#### 4.3. Diversidad alimentaria del gremio de los fitófagos e identificación

En el Cuadro 2 se observa que el grupo de los fitófagos, comparados con los otros gremios tróficos detectados, presentaron la mayor población con un 60 % que correspondieron a 12235 individuos. Se identificaron asociados a las raíces de las variedades de banano William seis géneros de fitófagos: *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Tylenchus* spp., *Paratylenchus* spp. y *Radopholus* spp.. El parasitismo potencial de estos nematodos en el cultivo de banano dependerá de la densidad

poblacional y de otros factores bióticos y abióticos. En Musáceas, se reportan 146 especies de nematodos parásitos o asociados a estos cultivos, ubicadas en 43 géneros. Los más distribuidos e importantes son los endoparásitos migratorios *Radopholus similis* y algunas especies de *Pratylenchus* y el semiendoparásito *Helicotylenchus multicinctus*. También es muy común encontrar los parásitos sedentarios *Meloidogyne* spp y *Rotylenchulus reniformis*. Además, de estos cinco nematodos parásitos de raíces de banana existen muchas otras especies que pueden estar asociadas a *Musa* spp. en el mundo, pero que hasta ahora ninguna es considerada como un patógeno dañino, aunque en algunas zonas o regiones productoras de banano podrían ser importantes cuando sus densidades son altas. El parasitismo de nematodos sobre raíces de banana así como en muchos cultivos tropicales, se caracteriza por infestaciones simultaneas de varias especies (Gowen *et al.*, 2005).

*Meloidogyne* spp. conocido como los “nematodos de las agallas radicales” se encuentran en las raíces de banano y plátano en todos los lugares donde crecen, es uno de los endoparásitos más comunes en estos cultivos. Su importancia en banana se ha subestimado debido al énfasis en los daños causados por los “nematodos lesionadores”. En Sud África se ha demostrado que *Meloidogyne* es el segundo género más abundante encontrado en raíces de banana (De Waele y Davide, 1998; Gowen *et al.*, 2005). En esta investigación *Meloidogyne* spp. es el de mayor abundancia por el número de individuos en suelo (7100), se presenta muy diseminado en 6 de los 8 sectores evaluados, con una Fr del 70.0 % (Cuadro 3). Las poblaciones variaron entre 4 y 2760 nematodos/100 cm<sup>3</sup> de suelo (Cuadro 2), las poblaciones más altas se estimaron en los sectores La Pampa, El Olguín y Piedra Herrada, sólo en estos sectores se estimaron infestaciones sobre raíces (Cuadro 4) y síntomas visibles de agallamientos en raíces finas, las cuales se atrofian y detienen su crecimiento (Fig. 4). En banano los síntomas más obvios son las agallas sobre raíces primarias y secundarias, a veces éstas se bifurcan y distorsionan (Gowen *et al.*, 2005). Sikora (1979) observó niveles altos de pudrición de raíces en plantaciones con infecciones concomitantes de *M. incognita*, *Fusarium solani* y *Rhizoctonia* sp. A nivel foliar no se observaron síntomas asociados a estos nematodos, probablemente debido a que los umbrales de poblaciones no perjudican el normal desarrollo del cultivo.



**Figura 4.** Síntomas de agallamientos causados por *Meloidogyne* spp. sobre raíces secundarias y terciarias de banano colectadas en dos sectores productores del distrito de Buenos Aires, valle del Alto Piura.

Según, Maggenti (1988) el género *Meloidogyne* Goeldi 1892, pertenece a la superfamilia Tylenchoidea, familia Heteroderidae y subfamilia Meloidogyninae. Las especies de *Meloidogyne* son endoparásitos sedentarios, presentan dimorfismo sexual, las hembras se encuentran incrustadas en el tejido de la raíz, adquieren forma globosa o de pera, de color blanca lechosa, cuello largo y esbelto y estilete corto; su largo varió entre 0.5 y 2.38 mm. Los machos son vermiformes y viven en estado libre en el suelo, su largo varió entre 1.0 y 1.6 mm, con estilete y bulbos basales bien desarrollados, el esófago se superpone al intestino por el lado ventral. La cola es redonda, con dos espículas robustas (Fig. 5). Los juveniles en segundo estado son vermiformes, presentar un largo que varía entre 260 a 520  $\mu\text{m}$ , estilete robusto, las glándulas del esófago se superponen al intestino ventralmente. Cola adelgazándose gradualmente, con una porción terminal hialina cerca a la punta de la cola (Fig. 6); todas estas características coinciden con las descritas por Sasser y Carter (1985).





**Figura 5.** Morfología de hembras y machos de *Meloidogyne* spp. (A) Hembra completa, (B) Región de la cabeza del macho y (C) Región de la cola del macho.



**Figura 6.** Morfología del segundo estado juvenil (J2) de *Meloidogyne* spp. (A) J2 completo, (B) Región anterior y (C) Región posterior.

Se conoce que las especies más comunes asociadas a plátano y banano son *M. incognita*, *M. javanica*, *M. hapla* y *M. arenaria*; y que diferentes especies pueden encontrarse en una misma agalla (Pinochet, 1977), infestaciones de estos nematodos en África Occidental (Fargette, 1987), Martinica (Quénéhervé *et al.*, 2000) y Brasil (Cofcewicz *et al.*, 2001) han reportado presentar poblaciones de especies mixtas. En la región Piura, Lopez (2017) identificó a *M. incognita* y *M. javanica* asociadas al cultivo de banano tanto en el Valle de Cieneguillo y el Valle del Chira, respectivamente. En ambos valles observó altos niveles de infestaciones, favorecidos por los suelos de textura arenosa y con un sistema de riego permanente, características subóptimas para el cultivo de banano, pero, favorables a estos parásitos según Vovlas *et al.* (1993).

*Paratylenchus* spp. se observó en los 8 sectores evaluados, estimándose poblaciones que variaron entre 10 y 1320 nematodos/100 cm<sup>3</sup> de suelo (Cuadro 2), las poblaciones más altas se determinaron en los sectores La Pampa, El Olguin y Piedra Herrada.

Las especies de *Paratylenchus* se conocen como los “nematodos alfiler”, son de tamaño muy pequeño, aunque pueden presentarse en grandes cantidades en un suelo, suelen pasar desapercibidos muchas veces. En el presente estudio, es el segundo grupo de nematodos más abundantes, se cuantificaron un total de 3116 individuos con una Fr. de 75.0 % (Cuadro 3). Según, Maggenti (1988) el género *Paratylenchus* Micoletzky, 1922 pertenece a la superfamilia Criconematoidea, familia Tylenchulidae y subfamilia Paratylenchinae. La caracterización morfológica de los especímenes aislados del suelo son vermiformes más o menos curvados ventralmente, presentan una longitud del cuerpo entre 0.34 y 0.47 mm. Hembras con un fino y largo estilete con bulbos redondos que varió entre 20 a 50 µm, la vulva se ubica en la parte posterior del cuerpo. El esófago no se superpone al intestino (Fig. 7). No se observaron machos. Estas características coinciden con Andrassy (1972).

Estos nematodos son ectoparásitos migratorios obligados de una gran variedad de plantas hortícolas, arbustos y árboles frutales; no se reportan especies de *Paratylenchus* parásitas de banano y plátano en el mundo. Se alimentan de las células epidérmicas de las raíces finas. Causan daños mínimos en los cultivos hospedantes, excepto cuando las poblaciones son muy altas y en condiciones favorables, especialmente en invernadero

(Siddiqi, 2000). Poblaciones bajas (650 nematodos/100 cm<sup>3</sup> de suelo) de *P. hamatus* en rosa mejoraron la producción y calidad de las flores pero, poblaciones altas (2000 nematodos/100 cm<sup>3</sup> de suelo) disminuyeron la producción así como la calidad (McDonald, 1976).



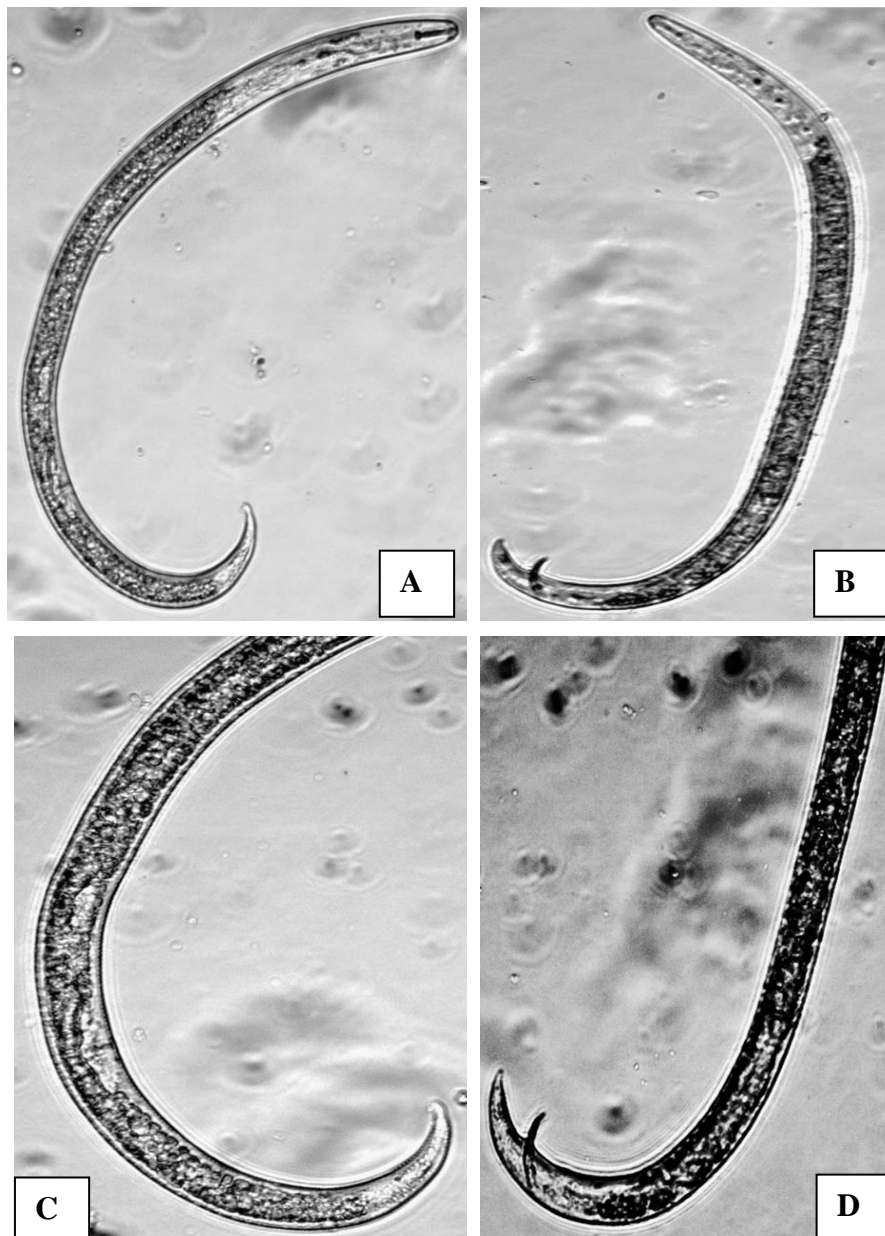
**Figura 7.** Morfología del cuerpo completo de la hembra de *Pratylenchus* spp.

*Pratylenchus* spp. se observó en 5 de los 8 sectores evaluados, con una Fr del 35.0 % (Cuadro 3), estimándose poblaciones que variaron entre 1 y 250 nematodos/100 cm<sup>3</sup> de suelo (Cuadro 2), las poblaciones más altas se determinaron en los sectores Carrasquillo y Piedra Herrada. No se observaron infestaciones ni síntomas sobre raíces. Gowen *et al.* (2005), indican que *Pratylenchus* spp. penetra y migra dentro de las raíces, causando lesiones necróticas alargadas de color marrón-rojizo en el tejido del parénquima cortical.

Las especies de *Pratylenchus* conocidos como los “nematodos lesionadores”, son endoparásitos migratorios de la corteza de la raíz y del cormo, los nematodos de ambos sexos y todos los estados juveniles son infectivos. Completan su ciclo de vida dentro de las raíces, se alimenta de las células vecinas del parénquima formando cavidades que coalescen (Gowen *et al.*, 2005). Según, Maggenti (1988) el género *Pratylenchus* Filip`ev, 1936 pertenece a la superfamilia Tylenchoidea, familia Pratylenchidae y subfamilia

Pratylenchinae. El cuerpo adquiere forma curvada ventralmente cuando son relajados al calor (Fig. 7 A y 7 B). No presentan un marcado dimorfismo sexual en la forma de la parte anterior del cuerpo. Las hembras presentan un largo que varió entre 0.40 a 0.73 mm. Su estilete bien desarrollado, con un largo de menos de tres veces del diámetro de la región labial. Los machos presentan un largo que varió entre 0.49 a 0.65 mm. El esófago es igual de desarrollado en ambos sexos que se superpone al intestino por el lado ventral. En la hembra la vulva se ubica entre el 70 y 80 % de la longitud total del cuerpo. La cola de la hembra es subcilíndrica o más o menos conoide truncada en la punta. Los machos presentan cola corta, espículas esbeltas y arqueadas. Todas estas características coinciden con Machon (1972) y Handoo, y Golden (1989).

Varias especies de *Pratylenchus* han sido reportadas atacando *Musa* spp. en el mundo. Entre éstas, sólo dos, *P. coffeae* y *P. goodeyi*, son reconocidas como patógenos dañinos. *P. coffeae* es una especie tropical. *P. goodeyi* se ha observado en regiones productoras de banana del África del Este y específicamente en zonas de altura (Gowen, *et al.*, 2005).



**Figura 8.** Morfología de la hembra (A), macho (B), región posterior (vulva y cola) de la hembra (C) y región posterior (cola) del macho (D) de *Pratylenchus* spp. asociado al cultivo de banano en el distrito de Buenos Aires, valle del Alto Piura.



**Cuadro 2:** Nematofauna asociada al cultivo de banano en 8 sectores de producción ubicados en el distrito de Buenos Aires, Valle del Alto Piura.

Sector	Muestra	Género de fitófagos						Otros grupos tróficos	Total
		<i>Meloidogyne</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Paratylenchus</i>	<i>Radopholus</i>		
San Luis	M1	0	0	0	0	80	0	105	185
La Pampa	M2	0	73	0	3	146	0	220	442
	M3	2576	0	0	0	88	0	88	2752
	M4	480	0	0	0	120	0	1680	2280
San Rafael I	M5	5	0	1	40	106	0	17	169
	M6	4	1	3	1	12	0	20	41
Santo Tome	M7	0	0	0	0	10	0	17	27
El Olguín	M8	166	0	0	0	0	0	310	476
	M9	58	0	0	0	0	0	232	290
	M10	0	0	0	0	10	0	80	90
	M11	220	0	0	0	0	176	667	1063
	M12	0	0	0	0	0	0	12	12
	M13	0	0	0	7	14	0	20	41
	M14	2760	0	0	0	1320	0	840	4920
	M15	75	61	92	61	667	0	954	1910
	M16	305	55	28	249	83	0	1495	2215
Carrasquillo	M17	133	120	12	0	66	0	200	865
Piedra Herrada	M18	167	250	333	83	250	0	583	1666
	M19	136	133	67	103	67	0	67	573
Tamarindo	M20	15	0	0	67	67	0	333	482
Total		7100	693	536	614	3116	176	7940	20499

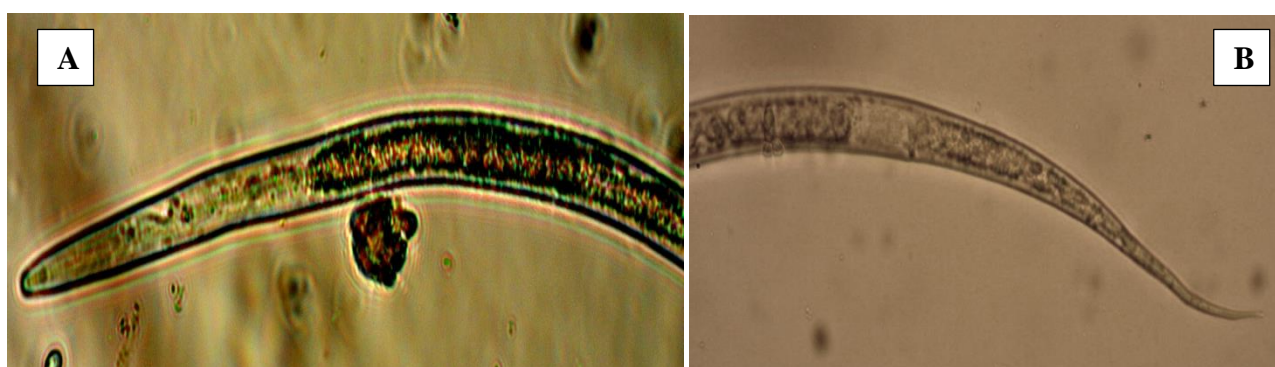
**Cuadro 3.** Parámetros ecológicos de nematodos parásitos asociados al cultivo de banano en el distrito de Buenos Aires, Valle del Alto Piura.

Parámetros	<i>Meloidogyne</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Paratylenchus</i>	<i>Radopholus</i>
F. ab.	14	7	6	8	15	1
F. r.	70.0	35.0	30.0	40.0	75.0	5.0
F. ab.= Frecuencia absoluta		F. r.= Frecuencia relativa				

**Cuadro 4.** Poblaciones en raíces de diferentes estados de los nematodos endoparásitos *Meloidogyne* spp. y *Radopholus* spp. en cuatro sectores de producción de banano en el distrito de Buenos Aires,

Sector	<i>Meloidogyne</i> spp.	<i>Radopholus similis</i>
	N° de huevos + J2/g de raíz	N° de individuos/g de raíz
Las Pampas	5148	-
El Olguín	14621	533
Piedra Herrada	1980	-
Tamarindo	390	-

En el género *Tylenchus*, se estimaron un total de 614 individuos con una Fr del 40.0 % (Cuadro 3). El cuerpo de estos nematodos es curvado ventralmente, con una longitud que varía entre 0.78 y 0.92 mm tanto en hembras como en machos, sin superposición del esófago e intestino. La cola se adelgaza gradualmente, puntiaguda, curvada ventralmente y termina en un gancho (Fig. 9). Estas características coinciden con las descritas por Andrásy (1972).



**Figura 9.** Morfología del cuerpo de *Tylenchus* spp. (A) Región anterior y (B) Región posterior.

Según, Maggenti (1988) el género *Tylenchus* Bastian, 1865 pertenece a la superfamilia Tylenchoidea, familia Tylenchidae y subfamilia Tylenchinae. No hay información sobre la historia y ciclo de vida de las pocas especies que presenta el género *Tylenchus*, tampoco hay registros del parasitismo en plantas hospederas. Se conoce que son nematodos cosmopolitas presentes en todos los continentes excepto en la Antártida. Su hábitat en el suelo es alrededor de las raíces de las plantas o en las dunas de arena (Andrásy, 1972).

*Helicotylenchus* spp. conocidos como los “nematodos espiral” se observaron en 4 sectores de producción, siendo el cuarto género de nematodos fitoparásitos más abundantes asociados al cultivo de banano en el distrito de Buenos Aires. Se estimó una Fr del 30.0 % (Cuadro 3), Las poblaciones cuantificadas variaron entre 1 y 333 nematodos/100 cm<sup>3</sup> de suelo (Cuadro 2), los niveles poblacionales más altos se estimaron en los sectores Piedra Herrada y El Olguín. Los síntomas sobre raíces son lesiones superficiales rojas en la epidermis y en la corteza de las raíces (Fig. 10), estos síntomas coinciden con los descrito por Gowen *et al.* (2005).



**Figura 10.** Lesiones necróticas de color marrón rojizo a negro superficiales en la corteza e internas en la epidermis causadas por *Helicotylenchus* spp. en raíces primarias de banano colectadas en dos sectores productores del distrito de Buenos Aires, valle del Alto Piura.

Las especies de *Helicotylenchus* pueden ser nematodos ectoparásitos migratorios, semiendoparásitos y endoparásitos de raíces. Todos los estados pueden encontrarse en las capas exteriores de la corteza de la raíz, pero no hay evidencias que estos nematodos



migren dentro del tejido. Según, Maggenti (1988) el género *Helicotylenchus* Steiner, 1945 pertenece a la superfamilia Tylenchoidea, familia Hoplolaimidae y subfamilia Rotylenchoidinae. El cuerpo adquiere forma de espiral o C cuando son relajados al calor (Fig. 11). Su largo varió entre 0.5 a 1.0 mm. Su estilete bien desarrollado, con un largo de tres a cuatro veces del diámetro de la región labial. El esófago se superpone al intestino por el lado ventral. En la hembra la vulva se ubica entre el 60 y 70 % del largo total del cuerpo. Cola corta y con un mucron en la punta. Los machos presentan cola corta, espículas bien desarrolladas y arqueadas. Todas estas características coinciden con Siddiqi (1972).



**Figura 11.** Morfología del macho (A) y de la hembra (B) de *Helicotylenchus* spp. Asociado al cultivo de banano en el distrito de Buenos Aires, valle del Alto Piura.

En banano y plátano, después de *Radopholus similis*, *H. multicinctus* es probablemente, el más dispersado y abundante en estos cultivos. *H. multicinctus* bajo condiciones ambientales subóptimas (latitud, precipitación y temperatura) para el cultivo de banano (también para *R. similis*) es considerado el más importante nematodo parásito (McSorley y Parrado, 1986).

*Radopholus similis* sólo se detectó en el sector El Olguin, con una Fr del 5.0 % (Cuadro 3), estimándose niveles poblacionales de 176 nematodos/100 cm<sup>3</sup> de suelo (Cuadro 2) e infestaciones en raíces de 533 individuos por gramo. *R. similis* es conocido como el “nematodo barrenador del banano” causa el volcamiento de plantas y afecta

plantas pertenecientes al género *Musa* spp., aunque también se ha encontrado asociado con albahaca y a otros cultivos como maíz, sorgo, habichuela, caña de azúcar, arroz, *Piper nigrum*, cítricos, algunas ornamentales y varias malas hierbas (O'Bannon, 1977).

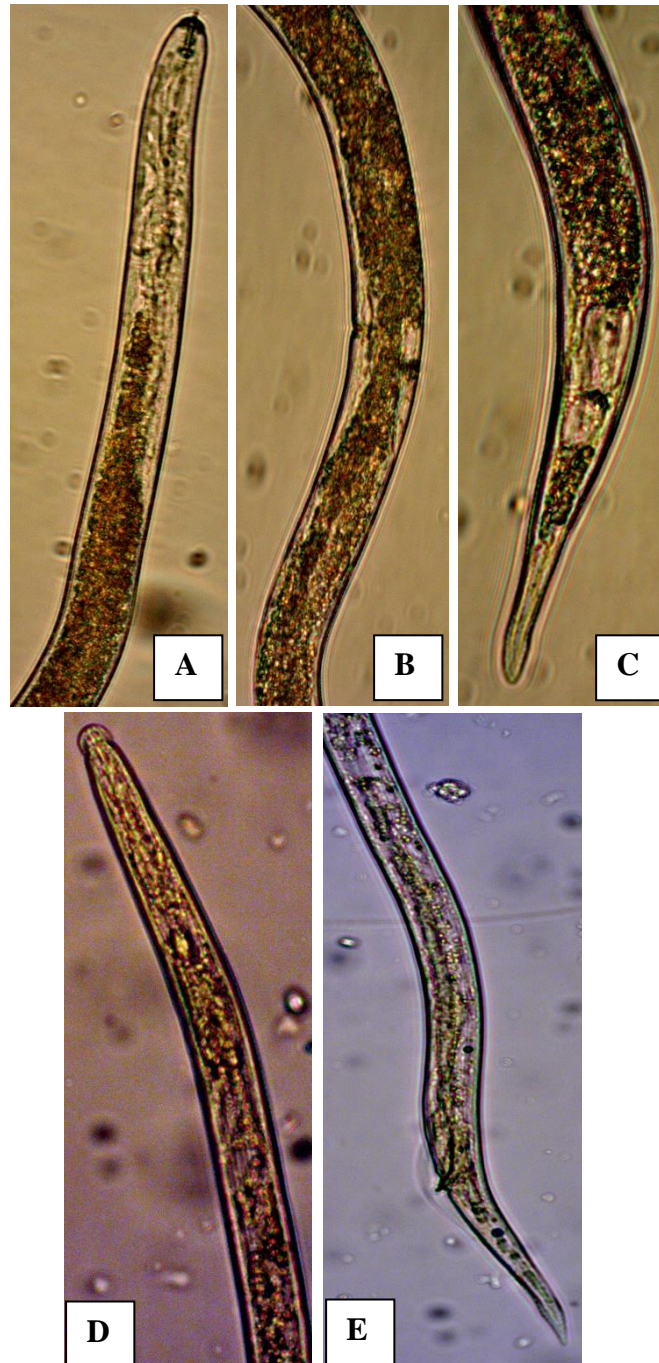
*R. similis* es una especie endoparásita migratoria, que puede completar su ciclo de vida dentro de la corteza de la raíz. La penetración del nematodo ocurre principalmente cerca de la punta de la raíz, y puede invadir o migrar a lo largo de toda la raíz. Las hembras y todas las etapas juveniles son infectivos, aunque los machos con una morfología degenerada (sin estilete) son probablemente no parásitos (Fig. 13 D). Después de la penetración *R. similis* se ubica en los espacios intercelulares del parénquima cortical alimentándose del citoplasma de células cercanas, causando cavidades que coalescen o unen formando cavidades parecidas a túneles (Gowen *et al.*, 2005). Los síntomas primarios sobre las raíces se caracterizan por la presencia de lesiones de longitud variable con forma de estrías, los colores pueden variar rosado rojizas hasta marrón o negras. En el interior del tejido se observan cavidades o túneles de color rojizo a marrón oscuro (Fig. 12). No se observaron síntomas foliares asociados a *R. similis*.



**Figura 12.** Lesiones necróticas de color marrón rojizo a negro superficiales en la corteza e internas en el parénquima cortical causadas por *Radopholus similis* en raíces primarias de banano colectadas en el sector El Olguin del distrito de Buenos Aires, valle del Alto Piura.

Según, Maggenti (1988) el género *Radopholus* Thorne, 1949 pertenece a la superfamilia Tylenchoidea, familia Pratylenchidae y subfamilia Radopholinae. El género *Radopholus* se caracteriza por presentar un fuerte dimorfismo sexual (macho-hembra) en la región anterior (Luc, 1987). Las hembras presentaron una longitud del cuerpo que varió entre 0.57 y 0.75 mm, en los machos entre la longitud varió entre 0.60-0.71 mm. La región anterior de la hembra presenta una región cefálica baja, muy esclerotizada, ligeramente separada, con un estilete bien desarrollado, con glándulas del esófago alargadas que se superponen dorsalmente al intestino. La vulva se localiza entre el 58 y 65 % de la longitud del cuerpo (Fig. 13 A y B). El macho presenta una región cefálica alta y redondeada, separada por una incisura del resto del cuerpo, con un estilete degenerado casi ausente y esófago reducido (Fig. 13 D). La cola del macho es más fina que la de la hembra, con una bursa terminal y con espículas arqueadas (Fig. 13 C y E). Estas características coinciden con las descritas por Otero-Chaparro (2008), quién trabajó con poblaciones del nematodo aisladas de diferentes zonas productoras de banano del valle del Chira. Asimismo, se coincide con las claves descritas por Orton William y Siddiqi (1973).

Los nematodos más perjudiciales que afectan a los cultivos de plátano y banano son las especies que destruyen las raíces primarias, alterando el sistema de anclaje que luego ocasiona el volcamiento de plantas. *R. similis* es uno de los más diseminados e importantes, causa volcamiento de plantas en casi todas las regiones tropicales y subtropicales productoras de plátano y banano en el mundo. Se especula que *R. similis* se introdujo a América latina y el Caribe con el cultivar Gros Michel y que posteriormente infestó cultivares susceptibles de Cavendish (Marin *et al.*, 1998).



**Figura 13.** Región anterior (cabeza y esófago) de la hembra (A), posición de la vulva (B), región posterior (cola) de la hembra (C), región anterior (cabeza y esófago) del macho (D) y región posterior (espícula y cola) del macho (E) de *Radopholus similis* asociado al cultivo de banano en el distrito de Buenos Aires, valle del Alto Piura.

## CAPÍTULO 5

### 5.1. CONCLUSIONES

1. Se identificaron asociados a las raíces de banano var. William seis géneros de nematodos fitófagos: *Meloidogyne* spp., *Radopholus* spp., *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Tylenchus* spp., y *Paratylenchus* spp.
2. *Tylenchus* spp. y *Paratylenchus* spp. presentan especies parásitas no importantes en los cultivos de banano y plátano, aunque la abundancia de esta última superó a los otros géneros, excepto *Meloidogyne* spp.
3. *Meloidogyne* spp. se observó muy diseminado en 6 de los 8 sectores evaluados, con una Fr del 70 %, con poblaciones que variaron entre 4 y 2760 nematodos/100 cm<sup>3</sup> de suelo. Sólo en los sectores La Pampa, El Olguin y Piedra Herrada se observaron síntomas visibles (agallamientos) sobre raíces.
4. *Helicotylenchus* spp. y *Pratylenchus* spp. presentaron una Fr del 30.0 % y 35.0 %, respectivamente, ambos ocasionan daños o síntomas visibles sobre las raíces.
5. *Radopholus similis* sólo se detectó en el sector El Olguin.
6. En ningún sector productor de banano evaluado en el distrito de Buenos Aires se observó síntomas foliares relacionados a los diferentes géneros de nematodos identificados en la presente investigación.
7. Se identificaron cinco grupos tróficos que incluye a los gremios: bacterívoros, micófagos, fitófagos, predadores y omnívoros.

## **CAPÍTULO 6**

### **6.1. RECOMENDACIONES**

- 1.** Continuar con las prospecciones nematológicas en otros sectores de producción y otras estaciones del año con la finalidad de conocer la dinámica poblacional de los nematodos parásitos más importantes que afectan a estos cultivos en el distrito de Buenos Aires, valle del Alto Piura.
- 2.** Identificar las especies de los principales géneros de nematodos asociados al cultivo de banano en el distrito de Buenos Aires, valle del Alto Piura.
- 3.** Iniciar investigaciones referidas a la biología, umbrales de poblaciones y métodos de control tomando como base el presente trabajo de investigación.

## CAPÍTULO 7

### 7.1 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrássy, I. 1972.** *Tylenchus davarnei*. In: C.I.H. Descriptions of plant-parasitic nematodes. CAB International, Wallingford, UK. Set 7, N° 97.
- Blake, C.D. 1961** Root rot of bananas caused by *Radopholus similis* (Cobb) and its control in New South Wales. *Nematologica* 6, 295–310.
- Blake, C.D. (1966)** The histological changes in banana roots caused by *Radopholus similis* and *Helicotylenchus multicinctus*. *Nematologica* 12, 129–137.
- Bridge, J., and Page, S.L.J. 1984.** Plant nematode pests of crops in Papua New Guinea. *Journal of Plant Protection in the Tropics* 1: 99–109.
- Champion, J. 1968.** El plátano. Editorial Blume. Barcelona, España. 247 pp.
- Chau-Coloma, M.D. 2008.** Frecuencia y densidad de poblaciones de nematodos parásitos de raíces del banano en tres zonas productoras del valle del Chira, Piura. “Tesis de Ingeniero Agrónomo”. Piura, Perú: Universidad Nacional de Tumbes. 44 pp.
- Chavarría-Carvajal, J.A., and Rodríguez-Kábana, R. 1998.** Alginate films for assessment of parasitism of *Meloidogyne incognita* using four organic amendments. *Nematropica*. 28(1): 41- 48.
- Cofcewicz, E.T., Carneiro, R.M.G., Quénéhervé, P., Augustin, E. and Faria, J.L.C. (2001)** Occurrence of *Meloidogyne* spp. in banana producing area in Brazil (abstract). *Nematologia Brasileira* 25, 126.
- Coolen, W.A. 1979.** Methods for the extraction of *Meloidogyne* spp. and other nematodes from roots and soil. In: Lamberti, F. and Taylor, C.E. (eds) Root-knot Nematodes (*Meloidogyne* Species) Systematics, Biology and Control. Academic Press, London, pp. 317–329.
- De Guiran, G., & Vilardebo, A. (1962).** Le bananier aux Iles Canaries. IV. Les nématodes parasites. *Fruits*, 17, 263-277.
- De Waele, D., and Davide, R.G. 1998.** The root–knot nematodes of banana *Meloidogyne incognita* (Kofoed and White, 1919) Chitwood, 1949, *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949. *Musa* Pest Factsheet No. 2. INIBAP, France.
- Fao. 2004.** Economía mundial del banano 1985-2002. Roma. 104 pp.

- Fargette, M. (1987)** Use of the esterase phenotype in the taxonomy of the genus *Meloidogyne*. Esterase phenotypes observed in West Africa populations and their characterization. *Revue de Nematologie* 10, 45–56.
- Fogain, R., and Gowen, S.R. 1997.** Damage to roots of *Musa* cultivars by *Radopholus similis* with and without protection of nematicides. *Nematropica* 27: 27–32.
- Gotoh, A. (1964)** The embryonic and larval development of *Pratylenchus coffeae* (Zimmerman) (Nematoda, Tylenchida). *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology* 8: 26–33.
- Gowen, R.R., and Quénéhervé, P. 1990.** Nematode Parasites of Bananas, Plantains and Abaca. Pages 431-460 in: *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. M. Luc, R.A. Sikora, and J. Bridge, eds. CAB International, Wallingford, Eng.
- Gowen, S., Quénéhervé, P., and Fogain, R. 2005.** Nematode parasites of bananas, and plantains. Pp. 611-643. In: *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*, 2<sup>nd</sup> Edition (Luc M., Sikora R.A. and Bridge J., eds). CAB International, Wallingford, UK.
- Gowen, S.R. 1979.** Some considerations of problems associated with the nematode pests of bananas. *Nematropica* 9(1): 79-91.
- Gowen, S.R. 1994.** Burrowing nematode root rot (blackhead toppling disease). Page 21 in: *Compendium of Tropical Fruit Diseases*. R.C. Plates, G. A Zimmer, W. T. Nishijima, K. G.Rohrbach, and H. D. Ohr, eds. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- Handoo, Z.A. and Golden, A.M. (1989).** A key and diagnostic compendium to the species of the genus *Pratylenchus* Filipjev, 1936 (Lesion nematodes). *Journal of Nematology* 21, 202–218.
- Hunt, D.J., and Handoo, Z.A. 2009.** Taxonomy, identification and principal species. Pp. 55–88 in R. N. Perry, M. Moens and J. L. Starr, eds. *Root- knot nematodes*, 1. London: CABI.
- Jansson, R.K., and Rabatin, S. 1998.** Potential of foliar, dip, and injection applications of avermectins for control of plant-parasitic nematodes *Journal of Nematology* 30: 65-75.
- Jenkins, W. 1964.** A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. . *Plant disease reporter*, v. 48. 692 p.
- Koenning, S.R., Overstreet, C., Noling, J.W., Donald, P.A., Becker, J.O., and Fortnum, B.A. 1999.** Survey of crop losses in respons to phytoparasitic nematodes in the United States for 1994. *Journal of Nematology* 31: 587-618.



- Lavigne, C. 1987.** Contribution a l'étude du systeme racinaire du bananier. Mise au point de rhizotrons et premiers resultats. *Fruits* 42: 265–271.
- León, J. 1987.** Botánica de los cultivos tropicales. 3 ed. San José, Costa Rica, Editorial Agroamérica. 1987. 522 pp.
- López, M. 2017.** Caracterización de poblaciones de nematodos del genero *Meloidogyne* asociados al cultivo de banano, caña de azúcar y arroz en las principales zonas productoras del norte del Perú. “Tesis De Ingeniero Agrónomo”. Piura. Peru. Universidad Nacional de Piura. 31pp
- Luc, M., and Vilardebó, A. 1961.** Les nematodes associes aux bananiers cultives dans l'ouest Africain. *Fruits* 16: 205–219.
- Luc, M., Sikora, RAL, and Bridge, J. 1990.** Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Edited by Michel Luc, Richard A. Sikora, John Bridg. London, International Institute of Parasitology, CAB. 700 p.
- Machon, J.R. 1972.** *Pratylenchus brachyurus*. In: C.I.H. Descriptions of plant-parasitic nematodes. CAB International, Wallingford, UK. Set 8, N° 120.
- Maggenti, A.R., Luc, M., Raski, D.J., Fortuner, R. and Geraert, E. (1988)** A reappraisal of Tylenchina (Nemata). 11. List of generic and supra-generic taxa, with their junior synonyms. *Revue de Nématol.* 11, 177–188.
- Mai, W. F., P. G. Mullin, H. H. Lyon, AND K. Loeffle. 1996.** Plant-Parasitic nematodes: a pictorial key to genera. Cornell University Press. 277Pp., Ithaca, NY.
- Marín, D.H., Sutton, T.B., Barker, K.R., Kaplan, D.T., AND Opperman, C.H. 1998.** Burrowing nematode resistance of black sigatoka resistant banana hibrids. *Nematropica* 28: 241-247.
- Mc Intyre, B.D., Gold, C.S., Kashaia, I.N., Ssali, H., Night, G., and Bwamiki, D.P. 2001.** Effects of legume intercrops on soil-borne pests, biomass, nutrients and soil water in banana. *Biology and Fertility of Soils* 34: 342–348.
- McDonald, D.H. 1976.** Effects of *Paratylenchus hamatus* on productivity of greenhouse roses. *Journal of Nematology* 8: 294.
- Mcsorley, R., AND Gallaher, R.N. 1994.** Effect of yard waste compost on plant-parasitic nematode densities in vegetable crops. *Supplement to the Journal of Nematology* 27:545–549.
- Mcsorley, R., and Parrado, J.L. 1986.** *Helicotylenchus multicinctus* on bananas, an international problem. *Nematropica* 16, 73–91.

- Neher, D. A. 2001.** Role of nematodes in soil health and their use as indicators. *Journal of nematology*, 33(4), 161.
- O'Bannon, J.H. 1977.** Worldwide dissemination of *Radopholus similis* and its importance in crop production. *Journal of Nematology* 9(1): 16-25.
- Orion, D., Levy, Y., Israeli, Y., and Fisher, E. 1999.** Scanning electron microscope observations on spiral nematode (*Helicotylenchus multicinctus*). *Nematropica* 29: 179–183.
- Orton Williams, K.J., and Siddiqi, M.R. 1973.** *Radopholus similis*. In: C.I.H. Descriptions of plant-parasitic nematodes. CAB International, Wallingford, UK. Set 2, N° 27.
- Otero-Chaparro, L.F. 2008.** Caracterización morfológica del nematodo barrenador del banano *Radopholus similis* y sus niveles de poblaciones en varias zonas productoras del valle del Chira, Piura. “Tesis de Ingeniero Agrónomo”. Piura, Perú: Universidad Nacional de Piura. 35 pp.
- Pinochet, J. 1977.** Occurrence and spatial distribution of root-knot nematodes on bananas and plantains in Honduras. *Plant Disease Reporter* 61: 518–520.
- Quénéhervé, P., and Cadet, P. 1985.** Localisation des nematodes dans les rhizomes du bananier cv Poyo. *Revue de Nematologie* 8: 3–8.
- Quénéhervé, P., de Bock, S., Valette, C. and Chabrier, C. (2000)** Enzyme phenotype of *Meloidogyne* spp. associated with bananas in Martinique (abstract). *Nematropica* 30, 145.
- Quénéhervé. 1990.** Spatial arrangement of nematodes around the banana plant in the Ivory Coast, related comments on the interaction among concomitant phytophagous nematodes. *Acta Oecologica* 11, 875–886.
- Robinson, J.C. 1996.** Plátanos y plátanos. TAXI. Internacional. págs. 283 Rukazambuga, N.D.T.M., c.s. Gold, s R. Gowen, y P. Ragama. 2002. La influencia de la gestión de los cultivos en las poblaciones de picudo de plátano, *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: curculionidae) y el rendimiento del plátano de cultivo de las tierras altas (cv Atwalira) en Uganda. *Toro. Entomol. Res.* 92: 413 – 421.
- Rodriguez-Kabana, R, Pinochet, J. Ertson, D.G., and Wells, L. 1992.** Crop rotation studies with velvetbean (*Mucuna deeringiana*) for the management of *Meloidogyne* spp. Supplement. *J. Nematol.* 24(4S): 662-668.
- Rodriguez-Kabana, R. 1986.** Organic and inorganic nitrogen amendments to soil as nematode suppressants. *Journal of Nematology* 18:129-135.

- Román, J., Rivas, X. y Rodríguez, J. 1974.** Control de nematodos del plátano por rotación con yerba Pangola. *Nematropica*. 4(1): 4-5.
- Rosales, L.C. y Suárez, Z. 1998.** Nemátodos entomopatógenos como posibles agentes de control de Gorgojo negro del plátano *Cosmopolites sordidus* (Germar 1824) (Coleóptera: Curculionidae). *Bol. Entomológica Venezolana* 1998; 13: 123-140.
- Rubiano-Rodriguez, J.A. y Vargas-Ayala, R. 1999.** Sistemas de cultivo platano-mucuna y su influencia sobre la dinamica poblacional de nematodos fitoparasiticos. *Nematropica*. 29(2): 133
- Saavedra, E.D. Y Vargas Ayala, R, 1999.** Prácticas de manejo sustentables sobre nematodos del platanero en Puerto Rico. *Nematropica* 29: 133-134.
- Sarah, J.L. Pinochet, J. y Stanton, J. 1996.** El nematodo barrenador del banano *Radopholus similis* Cobb. Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano, Plagas de Musa - Hoja Divulgativa N°. 1
- Sasser, J.N. and Carter, C.C. 1985.** *An Advanced Treatise on Meloidogyne*. Vols 1 and 2. North Carolina State University, Raleigh, North Carolina.
- Siddiqi, M.R. 1972.** *Helicotylenchus dihystra*. In: C.I.H. Descriptions of plant-parasitic nematodes. CAB International, Wallingford, UK. Set 1, N° 9; Set 2 N° 23.
- Siddiqi, M.R. 2000.** Tylenchida Parasites of Plants and Insects. CABI, UK, 833 pp.
- Sikora, R.A. 1979.** Observations on *Meloidogyne* with emphasis on disease complexes, and the effect of host on morphometrics. *Proceedings of the Second Research Planning Conference on Root-knot Nematodes, Meloidogyne spp.*, Athens, pp. 93–104.
- Sikora, R.A., and Schlossen, E. 1973.** Nematode and fungi associated with root systems of bananas in a state of decline in Lebanon. *Plant Dis. Rep.* 57: 615-618.
- Simmonds, N. W. 1973.** Los plátanos. Editorial Blume. Barcelona, España. 539 pp.
- Stover, R.H. y N.W. Simmonds. 1987.** Bananas. Longman Scientific & Technical. 468 p
- Vicente, N. E., and Acosta, N. 1987.** Effects of *Mucuna deeringiana* on *Meloidogyne incognita*. *Nematropica* 17: 99-102
- Vovlas, N., Di Vito, M., and Grammafikaki, G. 1993.** Growth response of in vitro produced banana plantlets to *Meloidogyne javanica* in pots. *Nematropica* 23:203-- 208
- Widmer, T.L., Mitkowski, N.A., and Abawi, G.S. 2002.** Soil organic matter and management of plant-parasitic nematodes. *J. Nematol.* 34(4): 289-295.

- Yeates, G. W., T. Bongers, R. G. M. DE Goede, D. W. Freckman, and S. S. Georgieva. 1993.** Feeding habits in nematode families and genera- an outline for soil ecologists. *Journal of Nematology* 25:315-331.
- Zuckerman, B.M., and Strich-Harari, D. 1963.** The life stages of *Helicotylenchus multicinctus* (Cobb) in banana roots. *Nematologica* 9: 347–353.

## CAPÍTULO 8

### 8.1 ANEXOS

**Cuadro 5:** Medidas morfométricas (promedio +/- desviación estandar) de los diferentes géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de banano en el distrito de Buenos Aires, provincia de Morropón.

Género	Valores del carácter		
	L (mm)	J2 (µm)	Estilete (µm)
<b>Machos (n=10)</b>			
<i>Meloidogyne</i>	1.33 ± 0.18	405.1 ± 98.40	
<i>Radopholus</i>	0.63 ± 43.9		
<i>Pratylenchus</i>	0.56 ± 0.06		
<i>Helicotylenchus</i>	0.73 ± 0.15		
<i>Tylenchus</i>	0.86 ± 0.05		
<i>Paratylenchus</i>			
<b>Hembras (n=10)</b>			
<i>Meloidogyne</i>			
<i>Radopholus</i>	0.69 ± 95.2		
<i>Pratylenchus</i>	0.63 ± 0.18		
<i>Helicotylenchus</i>	0.84 ± 0.15		
<i>Tylenchus</i>	0.85 ± 0.05		
<i>Paratylenchus</i>	0.41 ± 0.05		37.9 ± 9.6

**Cuadro 6:** Datos agronómicos y del productor de los sectores muestreados.

<b>CODIGO</b>	<b>SECTORES</b>	<b>PRODUCTOR</b>	<b>COOPERATIVA</b>
<b>M 01</b>	San Luis	Arturo Aguirre Ramírez.	ASPROBO
<b>M 02</b>	San Rafael I	Edmundo Chevez Farfán	CAPROSAM
<b>M 03</b>	La Pampa	Pablo Alberto Aguirre Alvarado	CAPROSAM
<b>M 04</b>	Carrasquillo.	Lautaro Aguilar Córdova.	ASPRAOSRA
<b>M 05</b>	San Rafael I.	Mirella Chevez Larrea.	CAPROSAM
<b>M 06</b>	Santo Tome	Rogelio Nizama Agurto.	ASPRAOSRA
<b>M 07</b>	El Olguín	Carmen Peña Zurita.	INDEPENDIENTE
<b>M 08</b>	El Olguín	Miguel E. Cervera Moncada	ASPROBO
<b>M 09</b>	El Olguín	Luis Purizaca	ASPROBO
<b>M 10</b>	El Olguín	Analberto Enrique Ruiz	INDEPENDIENTE
<b>M 11</b>	El Olguín	Omar Enrique Román.	INDEPENDIENTE
<b>M 12</b>	El Olguín	José Santos García Huamán.	INDEPENDIENTE
<b>M 13</b>	La Pampa	Juan F. Espinoza Jiménez.	ASPROBO
<b>M 14</b>	La Pampa	Marino Huamán García.	INDEPENDIENTE
<b>M 15</b>	El Olguín	Perfecto GaRcía García.	INDEPENDIENTE
<b>M 16</b>	El Olguín	Concepción Saavedra Román.	ASPROBO
<b>M 17</b>	El Olguín	Exequiel Chumacero Peña	INDEPENDIENTE
<b>M 18</b>	Piedra Herrada	Eduardo Córdova.	INDEPENDIENTE
<b>M 19</b>	Piedra Herrada	Gregorio Córdova Noriega.	INDEPENDIENTE
<b>M 20</b>	Tamarindo.	Amalio García.	INDEPENDIENTE